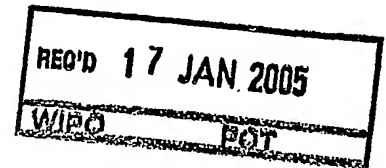


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

6504/4047



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 44 030.5

Anmeldetag: 23. September 2003

Anmelder/Inhaber: Linde Aktiengesellschaft, 65189 Wiesbaden/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes

IPC: F 25 J 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Brosig

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
03/00
EDV-L

BEST AVAILABLE COPY

Zusammenfassung

Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes

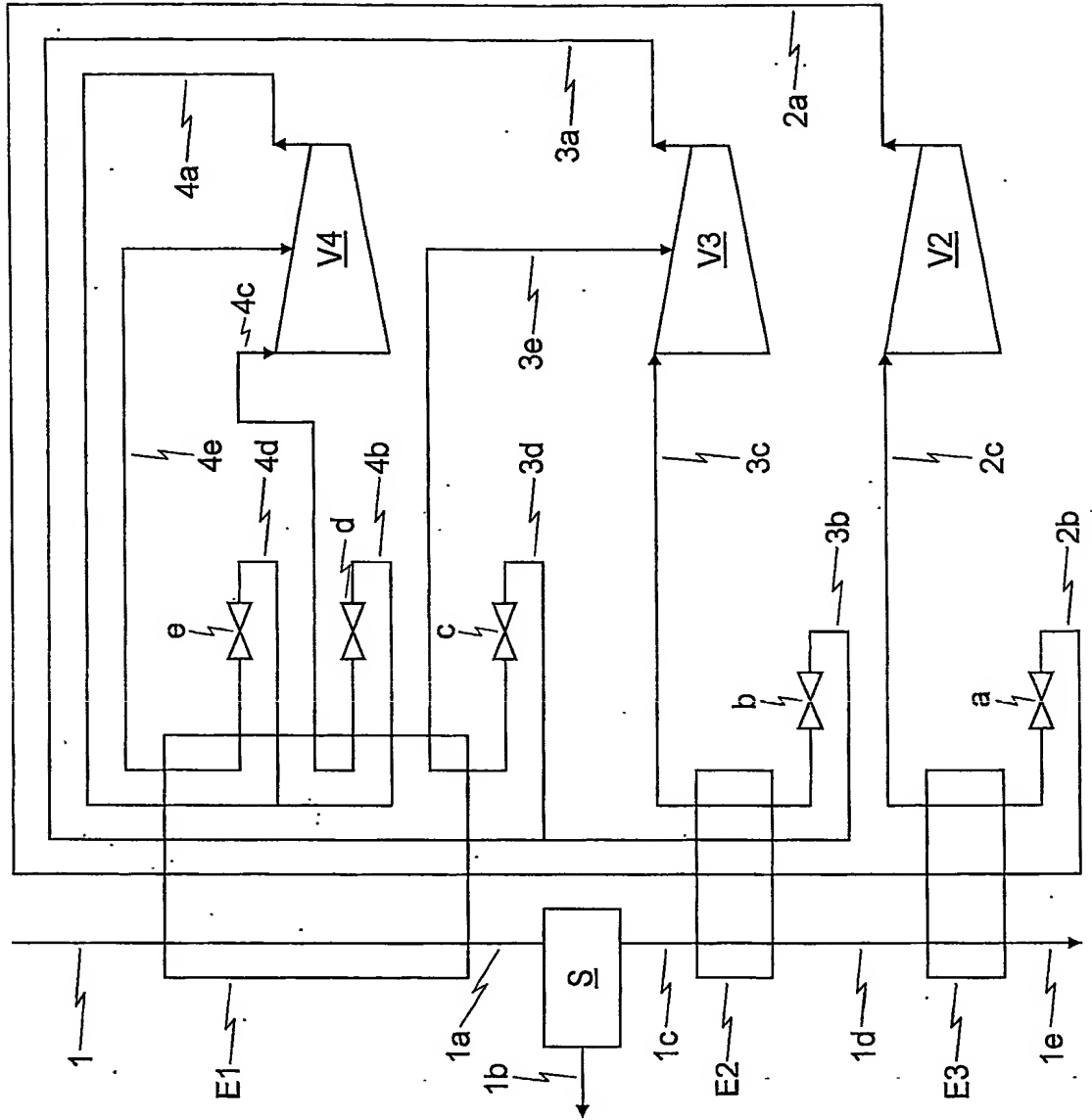
5 Es wird ein Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes, insbesondere eines Erdgasstromes, wobei die Verflüssigung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen eine aus drei Kältemittelgemischkreisläufen bestehende Kältemittelgemischkreislaufkaskade erfolgt, wobei der erste der drei Kältemittelgemischkreisläufe der Vorkühlung, der zweite Kältemittelgemischkreislauf der eigentlichen Verflüssigung und der dritte Kältemittelgemischkreislauf der Unterkühlung des verflüssigten Kohlenwasserstoff-reichen Stromes dient, und wobei jeder Kältemittelgemischkreislauf wenigstens einen ein- oder mehrstufigen Verdichter aufweist, beschrieben.

15 Erfindungsgemäß wird zumindest ein Teilstrom (3d) des Kältemittelgemisches des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes (3a – 3e) für die Vorkühlung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1 – 1e) verwendet.

20

(Hierzu gehört die Figur.)

1/1



Beschreibung

Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen
5 Stromes, insbesondere eines Erdgasstromes, wobei die Verflüssigung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen eine aus drei Kältemittelgemischkreisläufen bestehende Kältemittelgemischkreislaukaskade erfolgt, wobei der erste der drei Kältemittelgemischkreisläufe der Vorkühlung, der zweite Kältemittelgemischkreislauf der eigentlichen Verflüssigung und der dritte Kältemittelgemischkreislauf der
10 Unterkühlung des verflüssigten Kohlenwasserstoff-reichen Stromes dient, und wobei jeder Kältemittelgemischkreislauf wenigstens einen ein- oder mehrstufigen Verdichter aufweist.

Ein gattungsgemäßes Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen
15 Stromes ist aus der deutschen Offenlegungsschrift 197 16 415 bekannt. Mit der Zitierung der deutschen Offenlegungsschrift 197 16 415 sei deren Offenbarungsgehalt in den Offenbarungsgehalt der vorliegenden Patentanmeldung aufgenommen.

Erdgasverflüssigungsanlagen werden entweder als so genannte LNG-Baseload-Plants
20 – also Anlagen zur Verflüssigung von Erdgas zur Versorgung mit Erdgas als Primärenergie – oder als so genannte Peak-Shaving-Plants – also Anlagen zur Verflüssigung von Erdgas zur Deckung des Spitzenbedarfs – ausgelegt.

LNG-Baseload-Plants werden im Regelfall mit Kältekreisläufen betrieben, die aus
25 Kohlenwasserstoffgemischen bestehen. Diese Gemischkreisläufe sind energetisch effizienter als Expander-Kreisläufe und ermöglichen bei den großen Verflüssigungsleistungen der Baseload-Plants entsprechend relativ niedrige Energieverbräuche.

Bei gattungsgemäßen Verflüssigungsverfahren dient grundsätzlich der erste
30 Gemischkreislauf der Vorkühlung, der zweite Gemischkreislauf der Verflüssigung und der dritte Gemischkreislauf der Unterkühlung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes bzw. Erdgases.

Zwischen der Vorkühlung und der Verflüssigung findet – sofern erforderlich – die Abtrennung von höhersiedenden Kohlenwasserstoffen statt. Das sind mindestens diejenigen Komponenten des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes bzw. Erdgases, die bei der nachfolgenden Abkühlung ausfrieren würden – also C_{5+} -

- 5 Kohlenwasserstoffe und Aromate. Oftmals werden zudem diejenigen Kohlenwasserstoffe – gemeint sind hierbei insbesondere Propan und Butan –, die den Heizwert des verflüssigten Erdgases unerwünscht erhöhen würden, vor der Verflüssigung abgetrennt.

- 10 Dieses Abtrennen von höhersiedenden Kohlenwasserstoffen geschieht üblicherweise dadurch, dass eine so genannte HHC(Heavy Hydrocarbon)-Kolonne, die der Abtrennung der schweren Kohlenwasserstoffe sowie von Benzol aus dem zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Strom dient, vorgesehen wird. Eine derartige Verfahrensführung ist ebenfalls in der bereits erwähnten deutschen
- 15 Offenlegungsschrift 197 16 415 beschrieben; siehe bspw. deren Figur 2 sowie die zugehörige Figurenbeschreibung.

- Durch die Vorgabe dieses Schnittes zwischen denjenigen Komponenten des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes, die schließlich das verflüssigte
- 20 Produkt darstellen – es sind dies im Wesentlichen Methan und Ethan – und denjenigen Komponenten, die aus den vorgenannten Gründen abgetrennt werden (müssen), wird bei gegebenem Rohgasdruck das Temperaturniveau der Abtrennung dieser
- 25 Komponenten aus dem zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Strom – im Folgenden als C_{3+} -Abtrennung bezeichnet – in vergleichsweise engen Grenzen festgelegt.

- Wird der erste Gemischkreislauf nunmehr ausschließlich zur Vorkühlung des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes vor dieser C_{3+} -Abtrennung verwendet, entfällt auf diesen zwangsläufig ein Anteil an der Gesamtverdichterleistung
- 30 von etwa 40 bis 50 %, während sich die restliche Verdichterleistung von 60 bis 50 % auf den zweiten sowie den dritten Gemischkreislauf verteilt.

- Im Sinne einer wirtschaftlichen Ausnutzung der verfügbaren Verdichter und Antriebe ist es jedoch wünschenswert, dass die (Kreislauf)Verdichter der drei Gemischkreisläufe in
- 35 etwa die gleiche Antriebsleistung, also jeweils ca. 33,33 % der Gesamtantriebsleistung,

erhalten. Dies gilt insbesondere für große Verflüssigungsanlagen mit einer Verflüssigungsleistung größer 5 Millionen Tonnen LNG pro Jahr, da die Zahl der verfügbaren Verdichter und Antriebe für derartige Größenordnungen stark eingeschränkt ist. Durch eine Vereinheitlichung der Antriebe und Verdichter der drei

5 Kältekreisläufe kann die mit erprobten Antrieben bzw. Verdichtern erreichbare Verflüssigungsleistung des Verflüssigungsprozesses maximiert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren anzugeben, das dem vorgenannten Problem Rechnung trägt.

10

Zur Lösung dieser Aufgabe wird vorgeschlagen, dass zumindest ein Teilstrom des Kältemittelgemisches des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes für die Vorkühlung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes verwendet wird.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren sowie weitere Ausgestaltungen desselben, die Gegenstände der abhängigen Patentansprüche darstellen, seien im Folgenden anhand des in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Bei der anhand der Figur beschriebenen Verfahrensweise erfolgt die Abkühlung und

20 Verflüssigung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes, der über Leitung 1 dem Wärmetauscher E1 zugeführt wird, gegen eine Kältemittelgemischkreislaufkaskade, bestehend aus drei Kältemittelgemischkreisläufen. Diese weisen im Regelfall unterschiedliche Zusammensetzungen auf, wie sie bspw. in der vorerwähnten deutschen Offenlegungsschrift 197 16 415 beschrieben sind.

25

Der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom wird im Wärmetauscher E1 gegen die beiden verdampfenden Kältemittelgemischteilströme 4b und 4d des ersten Gemischkreislaufes 4a bis 4e abgekühlt und anschließend über Leitung 1a einer lediglich als Black-Box dargestellten Trenneinheit S zugeführt.

30

In dieser Trenneinheit S erfolgt die vorbeschriebene C₃₊-Abtrennung, wobei die aus dem zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Strom abgetrennten Komponenten über die Leitung 1b aus der Trenneinheit S abgezogen werden.

Entsprechend einer vorteilhaften, in der Figur nicht dargestellten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zumindest ein Teilstrom eines der beiden Teilströme 3b und 3d des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes 3a bis 3e, auf den im Folgenden noch näher eingegangen werden wird, für die Kältebereitstellung in der

5 Abtrenneinheit S verwendet wird. Hierbei wird die Wahl, von welchem der beiden Teilströme 3b und/oder 3d wiederum zumindest ein Teilstrom für diese Kältebereitstellung herangezogen wird, von dem in der Abtrenneinheit S erforderlichen Temperaturumiveau(s) bestimmt werden.

10 Der zu verflüssigende Kohlenwasserstoff-reiche Strom wird sodann über Leitung 1c einem zweiten Wärmetauscher E2 zugeführt und in diesem gegen den verdampfenden Kältemittelgemischteilstrom 3b des zweiten Kältekreislaufes 3a bis 3b verflüssigt.

Nach erfolgter Verflüssigung wird der Kohlenwasserstoff-reiche Strom über Leitung 1d

15 einem dritten Wärmetauscher E3 zugeführt und in diesem gegen den Kältemittelgemischstrom 2b des dritten Kältekreislaufes 2a bis 2c unterkühlt. Das unterkühlte Flüssigprodukt wird anschließend über Leitung 1e seiner weiteren Verwendung zugeführt.

20 Wie aus der Figur ersichtlich, weist jeder der drei Kältekreisläufe 2a bis 2c, 3a bis 3e und 4a bis 4e einen Verdichter V2, V3 bzw. V4 auf. In der Figur nicht dargestellt sind die entsprechenden Antriebe dieser Verdichter V2, V3 und V4. Ferner sind die den Verdichtern V2, V3 bzw. V4 nachgeschalteten Kühler bzw. Wärmetauscher, in denen das Kältemittelgemisch gegen ein Kühlmedium – bspw. Wasser – abgekühlt wird, in

25 der Figur nicht dargestellt.

Das im Verdichter V4 verdichtete Kältemittelgemisch des ersten Gemischkreislaufes wird über die Leitung 4a dem Wärmetauscher E1 zugeführt und in diesem nach erfolgter Abkühlung in zwei Teilströme 4b und 4d aufgeteilt. Das Kältemittelgemisch in diesen Teilströmen 4b und 4d wird nach erfolgter Entspannung in den Ventilen d und e bzw. Entspannungsvorrichtungen auf unterschiedlichen Druckniveaus im

30 Wärmetauscher E1 verdampft und anschließend über die Leitung 4c bzw. 4e dem Verdichter V4 vor der ersten Stufe (Teilstrom 4c) bzw. auf einem Zwischendruckniveau (Teilstrom 4e) zugeführt.

Das im Verdichter V3 verdichtete Kältemittelgemisch des zweiten Kältekreislaufes 3a bis 3e wird über Leitung 3a durch die Wärmetauscher E1 und E2 geführt und in diesen abgekühlt. Derjenige Teilstrom 3b dieses Kältemittelgemischstromes, der durch den Wärmetauscher E2 geführt wird, wird nach erfolgter Entspannung im Ventil b im
5 Wärmetauscher E2 gegen abzukühlende Verfahrensströme verdampft und anschließend über Leitung 3c der Eingangsstufe des Verdichters V3 zugeführt.

10 Erfindungsgemäß wird nunmehr ein Teilstrom 3d des Kältemittelgemisches des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes 3a bis 3e nach dem Wärmetauscher E1 abgezogen, im Ventil c entspannt und anschließend im Wärmetauscher E1 gegen abzukühlende Verfahrensströme verdampft, bevor er über Leitung 3e auf einem Zwischendruckniveau dem Kreislaufverdichter V3 zugeführt wird. Somit trägt der erwähnte Kältemittelgemischteilstrom 3d erfindungsgemäß der Vorkühlung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes im Wärmetauscher E1 bei.

15

Damit dies erreicht werden kann, muss der für die Vorkühlung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes verwendete Teilstrom 3d des Kältemittelgemisches des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes 3a bis 3e auf einem Druck, der höher ist als der Verdampfungsdruck des Kältemittelgemischteilstromes 3b des zweiten
20 Kältemittelgemischkreislaufes 3a bis 3e, verdampft werden.

25

Durch die Wahl des Zwischendruckes, auf dem der Kältemittelgemischteilstrom 3e verdampft und dem Verdichter V3 zugeführt wird, und durch die Regelung der Mengenverteilung der beiden Kältemittelgemischteilstrome 3b und 3d kann die Aufteilung der Kälteleistung des zweiten Gemischkreislaufes auf die Wärmetauscher E1 und E2 und damit auf die Vorkühlung und Verflüssigung des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes nahezu beliebig eingestellt werden.

30

Werden beispielsweise für die Vorkühlung 40 % und für die Verflüssigung sowie Unterkühlung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes 60 % der Gesamtantriebsleistung benötigt, so wird bei dem erfindungsgemäßen Konzept bzw. Verfahren je ein Verdichter mit 33,33 % der Gesamtantriebsleistung in dem ersten und dritten Kältemittelgemischkreislauf – also für die Vorkühlung sowie Unterkühlung des zu verflüssigenden Kohlenwasserstoff-reichen Stromes – eingesetzt. Der Verdichter
35 des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes wird erfindungsgemäß derart betrieben,

dass er 20 % seiner Leistung und folglich 6,66 % der Gesamtleistung zur Vorkühlung einsetzt, während die verbleibenden 80 %, also 26,66 % der Gesamtleistung, für die Verflüssigung verwendet werden.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes, insbesondere eines Erdgasstromes, ermöglicht somit eine wirtschaftliche Ausnutzung der verfügbaren Verdichter und Antriebe, da die (Kreislauf)Verdichter der drei Gemischkreisläufe in etwa die gleiche Antriebsleistung, also jeweils ca. 33,33 % der Gesamtantriebsleistung, erhalten. Somit können insbesondere große
- 10 Verflüssigungsanlagen mit einer Verflüssigungsleistung größer 5 Millionen Tonnen LNG pro Jahr wesentlich wirtschaftlicher betrieben werden, da durch eine Vereinheitlichung der Antriebe und Verdichter der drei Kältekreisläufe die mit erprobten Antrieben bzw. Verdichtern erreichbare Verflüssigungsleistung des Verflüssigungsprozesses maximiert werden kann.

15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verflüssigen eines Kohlenwasserstoff-reichen Stromes,
insbesondere eines Erdgasstromes, wobei die Verflüssigung des
Kohlenwasserstoff-reichen Stromes gegen eine aus drei
5 Kältemittelgemischkreisläufen bestehende Kältemittelgemischkreislaufkaskade
erfolgt, wobei der erste der drei Kältemittelgemischkreisläufe der Vorkühlung, der
zweite Kältemittelgemischkreislauf der eigentlichen Verflüssigung und der dritte
Kältemittelgemischkreislauf der Unterkühlung des verflüssigten Kohlenwasserstoff-
reichen Stromes dient, und wobei jeder Kältemittelgemischkreislauf wenigstens
einen ein- oder mehrstufigen Verdichter aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass
zumindest ein Teilstrom (3d) des Kältemittelgemisches des zweiten
Kältemittelgemischkreislaufes (3a – 3e) für die Vorkühlung des Kohlenwasserstoff-
reichen Stromes (1 – 1e) verwendet wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der für die Vorkühlung
des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1, 1a, 1c – 1e) verwendete Teilstrom (3d)
des Kältemittelgemisches des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes (3a – 3e) auf
einem Druck, der höher ist als der Verdampfungsdruck des restlichen Teilstromes
20 (3b) des Kältemittelgemisches des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes (3a –
3e), verdampft und dem Verdichter (V3) des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes
(3a – 3e) auf einem Zwischendruckniveau zugeführt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtrennung
(S) von unerwünschten und/oder bei der Verflüssigung des Kohlenwasserstoff-
reichen Stromes (1, 1a, 1c – 1e) ausfrierenden Komponenten (1b) des
Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1, 1a, 1c – 1e) vor der eigentlichen
Verflüssigung des Kohlenwasserstoff-reichen Stromes (1, 1a, 1c – 1e) erfolgt.
- 30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, dass die Mengen und/oder Verdampfungsdrücke der beiden
Teilströme (3b, 3d) des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes (3a – 3e)
veränderbar sind.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teilstrom eines der beiden Teilströme (3b, 3d) des zweiten Kältemittelgemischkreislaufes (3a – 3e) für die Kältebereitstellung in der Abtrenneinheit (S) verwendet wird.

1/1

